



Tuomo Kaukonen

# Mittausdatan analysointi

Wärtsilä Oyj Abp

Tekniikka ja liikenne  
2016

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tuomo Kaukonen
Opinnäytetyön nimi	Mittausdatan analysointi
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	29
Ohjaaja	Marko Rantasalo

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilän kiertokankiverstaalle. Kiertokankiverstaalla kappaleiden koneistus ja mittaus automatisoitiin vuoden 2015 ja 2016 vaihteessa, minkä johdosta koneistajat eivät enää itse mittaa kappaleita, vaan 3D-mittakone syöttää mitat automaattisesti QDMS -järjestelmään. Tulosten seuranta on hankalaa, jonka vuoksi työn tavoitteena oli kehittää käyttöliittymä, josta ilmenee kappaleiden mittaustulosten arvot graafin muodossa.

Opinnäytetyö aloitettiin perehtymällä tuotantolinjan ja 3D-mittakoneen toimintaan. Alkupalaverin jälkeen aloitettiin suoraan kehittämään sopivaa ohjelmaa kyseisiä vaatimuksia varten. Mittakoneen ohjelmaan asennettiin ohjelmakoodi, joka mahdollistaa datan keruun.

Työn aikana ilmenneiden ongelmien jälkeen kuitenkin saatiin luotua toimiva kokonaisuus, josta ilmenee mittatulokset kuvaajan muodossa.

## ABSTRACT

Author	Tuomo Kaukonen
Title	Analysis of Measurement Data
Year	2016
Language	Finnish
Pages	29
Name of Supervisor	Marko Rantasalo

---

This thesis was made for the Wärtsilä connecting rod factory. The machining and measuring process was automated at the turn of 2015 and 2016. As a consequence, the machinists do not measure parts anymore. Instead the 3D measuring machine does the work for them and feeds results to QDMS. Monitoring the results is difficult and therefore, the purpose of this thesis was to develop a user interface that shows the measuring results in the form of a graph.

The thesis was started by studying the production and the function of the 3D measuring machine. After the first meeting, developing a suitable program for those requirements was started. A code was installed in the program of measuring machine which allows it to collect measuring results.

After some problems which arose during the work, a functional interface was created that shows the measuring results in the form of a graph.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

TERMIT JA LYHENTEET

1	JOHDANTO.....	8
2	TOIMEKSIANTAJA .....	9
	2.1 Wärtsilä Oyj Abp .....	9
	2.2 Kiertokankiverstas .....	10
3	VANHA TUOTANTOLINJA.....	11
	3.1 W20-kiertokangen prosessikuvaus .....	12
	3.1.1 Rouhinta .....	12
	3.1.2 Hienoajo .....	12
	3.2 W32-yläosan prosessikuvaus .....	12
	3.3 W32-alaosan prosessikuvaus .....	14
	3.3.1 Rouhinta .....	14
	3.3.2 Hienoajo .....	15
4	AUTOMATISOITU TUOTANTOLINJA .....	16
	4.1 W20-kiertokangen prosessikuvaus .....	17
	4.2 Uusi W32-yläosan prosessikuvaus .....	18
	4.3 Uusi W32-alaosan prosessikuvaus.....	18
5	TYÖNKULKU .....	20
	5.1 Lähtökohdat .....	20
	5.2 Ohjelman valinta.....	21
	5.3 Toteutus.....	21
	5.3.1 Tiedostojen linkittäminen.....	22
	5.3.2 Ohjelmakoodin luominen.....	22
	5.3.3 Kuvaajan luominen .....	25
6	YHTEENVETO .....	27

7	POHDINTAA.....	28
	LÄHTEET.....	29

**KUVALUETTELO**

Kuva 1.	W20-kiertokanki.	s.11
Kuva 2.	W32-yläosa mäntään kiinnitettynä.	s.14
Kuva 3.	W32-alaosa.	s.15
Kuva 4.	Leitz Reference Xi.	s.17
Kuva 5.	Mittausdatan hakeminen.	s.23
Kuva 6.	Mittauskertojen määrittäminen.	s.23
Kuva 7.	Osa ohjelmakoodista.	s.24
Kuva 8.	Taulukko Transpose-toiminnon jälkeen.	s.25
Kuva 9.	Kuvaaja, toleranssit ja painikkeet.	s.26

**TERMIT JA LYHENTEET**

W20	Wärtsilä 20-moottori, jonka männän halkaisija on 20 cm.
W32	Wärtsilä 32-moottori, jonka männän halkaisija on 32 cm.
QDMS	Quality Document Management System, tietojen seurantajärjestelmä
FMS	Flexible Manufacturing System, joustava valmistusjärjestelmä
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, numeerinen esitysmuoto
.CSV	Comma Separated Value, tekstitiedosto, jossa kentät erotellaan toisistaan pilkulla

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö suoritettiin Wärtsilän kiertokankiverstaalle, osana Vaasan ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmaa. Työn aiheena oli kehittää käyttöliittymä, jonka avulla voidaan lukea mittakoneen mittaamia tuloksia graafin muodossa.

Kappaleiden mittaaminen automatisoitiin, jonka vuoksi mittaamisen suorittaa nykyisin 3D-koordinaattimittakone. Mittausprosessi on täysin automatisoitu ja miehittämätön. Mittakoneeseen liitetty ohjelma luo mittaustuloksista tiedoston, joka päivittyy aina uuden työkierron päätteeksi. Mittaustulosten seuranta haluttiin helpottaa uudella ohjelmalla, joka hakisi dataa mittakoneen luomasta tiedostosta ja piirtäisi kyseisistä tuloksista kuvaajaa.

Opinnäytetyössä luotiin Excel-tiedosto, jossa käytettiin apuna Visual Basic-toimintoa. Sen avulla luotiin ohjelmakoodi, joka hakee dataa ja piirtää siitä kuvaajaa. Kuvaaja päivittyy datan lisääntyessä ja sitä pystyy muuttamaan valittavilla filttäreillä.

Raportissa käytetyt kuvat ovat viitteellisiä, eikä niissä näy todenmukaisia arvoja salassapidon vuoksi.



## **2 TOIMEKSIANTAJA**

### **2.1 Wärtsilä Oyj Abp**

Wärtsilä on kansainvälinen osakeyhtiö, joka suunnittelee ja toimittaa kestäviä teknologiaratkaisuja merenkulku- ja energiamarkkinoille. Wärtsilän kattavaan palveluun kuuluu myös asiakastuki, joka kestää tuotteen koko elinkaaren ajan. Ratkaisuja pyritään jatkuvasti kehittämään ympäristötehokkaiksi ja taloudellisiksi, jonka vuoksi Wärtsilällä on vahva ja johtava markkina-asema. Yhtiöön kuuluu kolme pääosa-aluetta, jotka ovat Marine Solutions, Energy Solutions ja Services./1/

Wärtsilä Marine Solutions toimittaa koneisto- sekä propulsio- ja ohjausjärjestelmiä meriteollisuuden asiakkaille kaikentyyppisiin aluksiin ja offshore -sovelluksiin. Wärtsilän markkina-asema on vahva kaikilla merenkulun osa-alueilla./1/

Wärtsilä Energy Solutions toimittaa hajautetun energiatuotannon markkinoille voimaloita perusvoiman tuotantoon, kuormitushuippujen tasaamiseen ja teollisuuden omaan energiantuotantoon. Wärtsilän vahvuudet ovat joustavat ratkaisut, korkea hyötysuhde ja alhaiset päästöt./1/

Wärtsilä Services on maailmanlaajuinen asiakastuki, joka huoltaa ja kunnostaa laivojen koneistoja ja voimaloita niiden koko elinkaaren ajan. Palveluihin kuuluu esimerkiksi merkkiriippumaton huolto maailman pääsatamissa sekä moottorien kuntoon perustuva huolto ja koulutus. Wärtsilä sitoutuu tarjoamaan palveluja kaikkialla, missä asiakkaat toimivat./1/

Wärtsilä toimii maailmanlaajuisesti ja sillä on yli 200 toimipistettä yli 70 maassa. Vuonna 2015 Wärtsilä työllisti noin 18 800 työntekijää, joista noin 3 600 työntekijää on Suomessa./1/

## 2.2 Kiertokankiverstas

Kiertokankiverstas on osa Wärtsilän Vaasan toimitusyksikköä

Wärtsilän Vaasan kiertokankiverstaalla koneistetaan W20- ja W32-kiertokankia ja alaosia. Verstaan toiminta koostuu koneistuksesta ja osakokoonpanosta. Koneistetuista osista kokoonpannaan mäntämoduuleja, jotka lähetetään kiertokankiverstaalta eteenpäin linjakokoonpanolle. Verstaalta lähetetään myös varaosia huollon toimituksiin.

Kiertokanget kirjataan QDMS –järjestelmään, jonka vuoksi kappaleet ovat jäljitettävissä maailmanlaajuisesti.

### 3 VANHA TUOTANTOLINJA

Tässä luvussa käsitellään hieman entistä valmistusprosessia yleisellä tasolla. Tarkoitus on luoda mielikuva siitä mitä vaiheita kappaleet käyvät läpi ennen osakokoonpanoa.

Ennen kiertokankiverstaan koneistuksen automatisointia, kappaleet mitattiin käsin. Mittauksen yhteydessä saadut mittatulokset kirjattiin aina QDMS-järjestelmään. Tästä johtuen huomattiin mahdolliset mittapoikkeamat ja kerrottiin niistä koneistajille. Työstökoneilla tehtiin tarvittavat muutokset ja niiden vaikutusta seurattiin.

Kuvassa 1 näkyvä W20-kiertokanki koostuu kahdesta osasta, kiertokangesta ja sen kansiosasta. W32-kiertokanki koostuu ylä- ja alaosasta. Alaosa kuitenkin valmistetaan kahdesta palasta, jotka ovat väli- ja kansiosa. Kaiken kaikkiaan W32-kiertokanki koostuu siis kolmesta osasta.



Kuva 1. W20-kiertokanki.

### **3.1 W20-kiertokangen prosessikuvaus**

#### **3.1.1 Rouhinta**

Takeiden tuotetiedot kirjattiin QDMS- järjestelmään, jonka jälkeen takeet ladattiin W20-rouhintapalettiin nostinta apuna käyttäen. Takeet säädettiin käsin määrättyyn asentoon ja momenttiin, jonka jälkeen paletti oli valmis lähetettäväksi työstökoneelle. Tietokoneelta määrättiin paletille haluttu työstökone, jolloin FMS-järjestelmän hyllystöhissi haki paletin asemalta joko varastoon tai suoraan työstökoneelle.

Työstökone rouhii takeet neljässä eri vaiheessa, joiden välissä ne palaa takaisin latausasemalle. Vaiheiden välissä takeiden asentoa muutetaan. Lopuksi asemalle takaisin tultuaan, kiertokanget purettiin paletista ja mitattiin. Mitatut kappaleet siirrettiin jäystöasemalle jäysteiden poistoa varten. Tämän jälkeen kiertokangen kansiosa voitiin vetää kiinni kiertokankeen hydraulitunkkien avulla.

#### **3.1.2 Hienoajo**

Kiinnivedetyt kiertokanget ladattiin hienoajo palettiin määrättyyn asentoon ja momenttiin ja lähetettiin työstökoneelle. Työstökone hienoajoi kiertokanget, jonka jälkeen paletti tilattiin asemalle. Kiertokanget purettiin paletista ja mitattiin. Toleransseissa olevat kanget siirrettiin aukaisupaikalle, jossa ne avattiin hydraulitunkkien avulla.

Kiertokankien ollessa auki, ne siirrettiin kuulapuhallukseen, jossa ne ladattiin palettiin ja ajettiin kuulapuhalluskoneelle. Viimeiseksi suoritettiin loppujäystö, jonka jälkeen ne voitiin siirtää osakokoonpanon puolelle.

### **3.2 W32-yläosan prosessikuvaus**

W32-kiertokangen koneistus alkoi takeiden tuotetietojen kirjaamisella QDMS-järjestelmään, jonka jälkeen kiertokangen tae ladattiin palettiin (**Kuva 2.**).

Yläosan takeet ajettiin yksitellen. Tae säädettiin oikeaan asentoon, jotta koneistuksen jälkeen mitat, kuten yhdensuuntaisuus ja halkaisija, olisivat riittävän tarkkoja. W32-kiertokangen koneistusohjelma rouhi ja hienoajoi kangen samalla kertaa toisin kuin W20-kiertokangen ja W32-alaosan ohjelmat. Ohjelman loputtua paletti tilattiin asemalle ja kiertokanki irrotettiin.

Koneistettu kiertokanki mitattiin. Mittaustulosten ollessa toleranssien rajojen sisällä, voitiin kiertokanki nostaa lavalla kuljettimelle, joka vie koneistetut kiertokangat jäystörobotille. Robotti jäysti kappaleen ja siirsi sen kuulapuhallukseen. Koska jäystörobotti ei saa jäystettyä kaikkea jäystettä kappaleista, täytyi kiertokangat jäystää vielä käsin sen jälkeen. Lopuksi valmiit kappaleet siirrettiin osakokoonpanon puolelle.



Kuva 2. W32-yläosa mäntään kiinnitettynä.

### 3.3 W32-alaosan prosessikuvaus

#### 3.3.1 Rouhinta

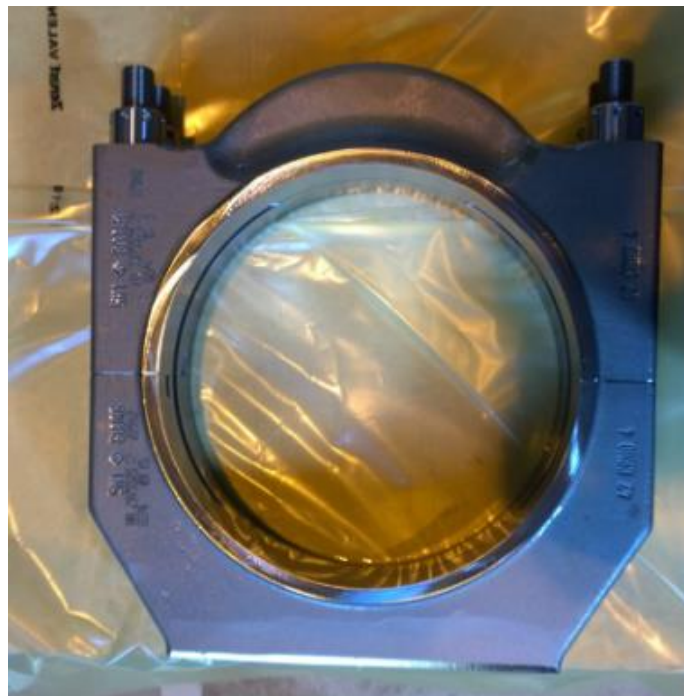
Alaosa takeitten tuotetiedot kirjattiin QDMS- järjestelmään, jonka jälkeen palettiin ladattiin alaosien takeet (**Kuva 3.**). Koneistus tapahtuu kahdessa vaiheessa, joiden välissä kappaleiden asentoa muutetaan. Kun työstökone on

rouhinut ladatut takeet, paletti tilattiin takaisin asemalle. Kappaleet irrotettiin paletista ja uudet alaosat ladattiin palettiin. Rouhitut kappaleet jäystettiin ja mitattiin. Mikäli mittaustuloksissa oli poikkeamia, sanottiin siitä sekä tarkastajalle että kyseisen työstökoneen koneistajalle, jotta tulokset saataisiin toleransseihin.

Tämän jälkeen kappaleet voitiin vetää kiinni ja asentaa siihen juuripala hienoajoa varten hydraulitunkkien avulla.

### 3.3.2 Hienoajo

Hienojopaketti, johon kuuluu kiinnivedetty kappale ja juuripala, kiinnitettiin hienojopalettiin ja lähetettiin työstökoneelle hyllystöhissillä. Hienojon loputtua paletti tilattiin latausasemalle, jossa kappaleet purettiin, mitattiin ja avattiin hydraulitunkeilla. Avatut alaosat siirrettiin lavalle, joka nostettiin jäystörobotille vievälle kuljettimelle. Robotti jäysti kappaleet, jonka jälkeen kappaleet kuulapuhallettiin ja jäystettiin vielä lopuksi käsin.



Kuva 3. W32-alaosa.

## 4 AUTOMATISOITU TUOTANTOLINJA

Edellisen luvun tavoin, tässä luvussa kuvaillaan karkeasti uutta valmistusprosessia. Kappaleissa kerrotaan prosessin kulku pääpiirteittäin ja joitain välivaiheita on jätetty pois, kuten robotin tarttujien vaihdot.

Nykyään, kun koneistuspuoli on automatisoitu, Leitz Reference Xi-mittakone mittaa kappaleet automaattisesti (**Kuva 4.**). Mittakone on täysin automatisoitu, mikä tarkoittaa sitä, että robotti lataa mitattavat kappaleet mittakoneelle. Mittaustulokset menevät lähitulevaisuudessa suoraan QDMS- järjestelmään, jolloin niitä ei kirjata enää käsin. Robottisolu siirtää sivuun kappaleet, joiden mitoissa on poikkeamia.





Kuva 4. Leitz Reference Xi.

#### **4.1 W20-kiertokangen prosessikuvaus**

Koneistuspuolen automatisointi ei vaikuttanut W20-kiertokankien prosessiin. Verstaalle jätettiin oma asema kyseisten kiertokankien koneistusta varten eikä ne

mene W32-yläosien ja alaosien tavoin robottilinjaston läpi, jolloin ne mitataan myös tulevaisuudessa käsin.

#### **4.2 Uusi W32-yläosan prosessikuvaus**

Taelava nostetaan kuljettimelle ja takeitten tuotetiedot syötetään MMS5-järjestelmään. Tämän jälkeen hyllystöhissi kuljettaa lavan latausaseman ylemmälle kuljettimelle.

Hyllystöhissi tuo rouhintapaletin latausasemalle ja robotti tekee jäysteenpoiston paletissa olevalle kappaleelle, jonka jälkeen se siirtää koneistetun kiertokangen pesukoneelle. Pesuohjelman ollessa käynnissä, robotti lataa tyhjän paletin, jonka jälkeen hyllystöhissi vie sen työstökoneelle rouhittavaksi tai varastoon. Pesuohjelman valmistuessa, robotti siirtää pestyn kappaleen välipuskurin kautta mittakoneelle.

Automaattinen mittausohjelma mittaa kappaleen ja mikäli mittaukset ovat toleranssien sisällä, robotti siirtää kiertokangen välipuskurin kautta kuulapuhallukseen. Jos mittaustuloksissa on poikkeamia, siirtyy kiertokanki manuaaliasemalle, jossa kappaletta voidaan tarkastella käsin.

Kuulapuhalluksen jälkeen robotti vie kappaleen poistoradalle, jossa kappaleelle suoritetaan vielä manuaalinen jäysteenpoisto. Tämän jälkeen kappale on valmis siirrettäväksi osakokoonpanon puolelle.

#### **4.3 Uusi W32-alaosan prosessikuvaus**

W32-kiertokangen yläosan tavoin, taelava nostetaan kuljettimelle ja takeitten tuotetiedot syötetään MMS5-järjestelmään. Tämän jälkeen hyllystöhissi kuljettaa lavan latausaseman alemmalle kuljettimelle.

W32-alaosan koneistusprosessi on pääpiirteittäin sama kuin W32-yläosan koneistus, mutta prosessin loppuvaihe on hieman erilainen. Kappale siirtyy mittakoneelta manuaaliasemalle, jossa se vedetään kiinni hienoaajoa varten. Kappaleeseen vedetään kiinni myös juuripala. Tätä kokonaisuutta kutsutaan hienoaajopakettiksi.

Hienoaajon aluksi hyllystöhissi tuo hienoaajopaletin latausasemalle ja nostaa juuri koneistetun hienoaajopaketin pesukoneelle. Pesuohjelman aikana robotti lataa hienoaajopaletin ja hyllystöhissi siirtää sen varastoon. Pesuohjelman loputtua robotti siirtää paketin mittakoneelle. Mittaohjelman jälkeen robotti siirtää paketin manuaaliasemalle, jossa se avataan. Avauksen jälkeen robotti siirtää kappaleet kuulapuhallukseen ja jäystörobotille, josta kappale siirtyy manuaaliseen jäysteenpoistoon.

## 5 TYÖNKULKU

### 5.1 Lähtökohdat

Koneistuksen automatisoinnin vuoksi mittausprosessi on muuttunut radikaalisti. Ennen uudistusta kappaleiden mittaus ja mittaustulosten kirjaus suoritettiin manuaalisesti. Kappaleita lähetettiin säännöllisin väliajoin mittahuoneelle mitattavaksi. Tällä varmistettiin, että manuaaliset mittaukset olivat paikkansapitäviä.

Nykyään mittausprosessi ei vaadi fyysistä työvoimaa, vaan kappaleiden mittauksen suorittaa automatisoitu 3D-mittakone, Leitz Reference Xi. Automatisoinnilla haluttiin vähentää työmäärää ja parantaa mittausten tarkkuutta. Tulevaisuudessa mittaustulokset siirtyvät automaattisesti QDMS-järjestelmään mittakoneeseen asennetun ohjelman avulla.

Tuloksien seuranta on hankalaa, sillä tulokset siirtyvät suoraan kappaleen tietoihin QDMS:ään. Useamman kappaleen tuloksien tarkastelu ei onnistu, koska jokaisen kappaleen tiedot on avattava erikseen eikä niitä pysty vertailemaan helposti. Tämän vuoksi haluttiin kehittää käyttöliittymä, joka helpottaisi tulosten seurantaa ja vertailua.

Käyttöliittymän pitäisi pystyä käsittelemään mittausdataa pidemmältä ajanjaksolta. Kyseessä olisi esimerkiksi Microsoft Excel-ohjelma, jossa näkyisi halutut mittaustulokset taulukkona ja kuvaajana. Taulukosta tulisi selvittää myös miltä työstökoneelta ja paletilta kyseinen data tulee, ja minä päivänä ja kellonaikana se on saatu.

Mittaustulosten luettavuutta helpottaa kuvaaja. Siitä tulisi ilmetä mittojen toleranssit, saadut mittaustulokset ja ajankohta jolloin työstökoneen työkalun teräpalat on vaihdettu. Toleranssirajat näkyvät kuvaajassa suorina viivoina, joista on helppo huomata toleranssien ylitykset. Mikäli toleranssi ylittyy, se voi

tarkoittaa, että työkalun teräpalat ovat vaihtokuntoiset. Pidemmältä ajanjaksolta huomaa teräpalojen kulumisen ja niiden todellisen käyttöiän. Poikkeuksia kuitenkin aina löytyy ja jotkut teräpalat kestävät lyhyemmän ajan kuin toiset. Mittaustuloksista saadussa kuvaajassa ilmenee teräpalojen vaihto mahdollisesti parantuvilla arvoilla.

## **5.2 Ohjelman valinta**

Opinnäytetyön alkupalaverissa käytiin läpi halutut vaatimukset ja niiden perusteella lähdettiin suunnittelemaan käyttöliittymää. Sopivan ohjelman löytämiseksi täytyi tutustua Wärsilällä jo käytössä oleviin ohjelmiin. Tästä kävi ilmi, että Wärsilällä käsitellään paljon dataa Microsoft Excelin avulla, jonka vuoksi kyseinen ohjelma valittiin.

Ohjelma on sopiva käsittelemään suurta datan määrää, sillä pystyy tekemään graafeja ja se tunnistaa useita tekstiformaatteja. Excel on helppokäyttöinen ja – lukuinen. Lisäksi kankiverstaan työntekijät käyttävät sitä päivittäin.

## **5.3 Toteutus**

Aluksi täytyi tutustua uudistettuun prosessiin ja ottaa yhteyttä mittausohjelman suunnittelijaan. Hänen kanssa käytiin läpi mittausohjelman pääpiirteet ja sen luominen. Keskusteluissa kävi ilmi, että ohjelma, Quindos 7, sisältää valmiina statistiikkaominaisuuden, jolla pystyy seuraamaan mittaustuloksia eri graafien muodossa. Statistiikka-ohjelma oli kuitenkin vaikealukuinen ja se oli käytettävissä ainoastaan mittakoneeseen liitetyllä tietokoneella, johtuen lisenssiongelmistä.

Ongelmana oli mittausdatan saaminen ulos mittakoneelta. Mittakoneella ei ollut omaa ohjelmaa, joka loisi tiedoston mittaustuloksista vaan se luo jokaisesta työkierrosta mittapöytäkirjan PDF-muodossa. Se ratkaistiin puuttuvalla ohjelmakoodilla, jonka Quindos 7 vaatii toimiakseen. Ohjelmakoodi mahdollisti mittausdatan keräämisen ASCII-muodossa erilliseen tiedostoon.

Ohjelmakoodi luo tiedoston, jossa ilmenee päivä, aika, jäljitettävyysskoodi ja halutut mitat. Koodia kuitenkin vielä muutettiin niin, että tiedostosta ilmenee myös paletin ja työstökoneen numero. Uuden kappaleen mitat tulevat tiedostossa vanhojen mittausten perään. Tiedosto on formaattia .CSV, joka on tekstitiedosto ja jota Excel osaa lukea, mutta josta tietojen kopioiminen toiseen Excel-tiedostoon on hankalaa. CSV-tiedostossa tiedot on eroteltu toisistaan esimerkiksi pilkulla tai puolipisteellä.

### 5.3.1 Tiedostojen linkittäminen

Aluksi mittausdatan seurantaohjelma ja CSV-tiedosto täytyi linkittää keskenään, jotta seurantaohjelmaan päivittyy aina uusimmat mittausarvot. Linkittäminen suoritettiin kopioimalla CSV-tiedostosta rivit, joilla dataa on. Tiedostosta täytyi valita koko rivit, jotta myös uusimmat mittaustulokset päivittyvät seurantaohjelmaan. Kopioidut rivit liitettiin seurantaohjelmaan Paste Special-toiminnon avulla, jolloin liitetyt rivit pystyttiin linkkaamaan alkuperäiseen CSV-tiedostoon. Seurantaohjelman tiedoston koko kuitenkin kasvoi niin suureksi, että se alkoi hidastamaan mittakoneen tietokonetta, johtuen kokonaisten rivien kopioinnista.

Koska linkittäminen ei onnistunutkaan Paste Special-toiminnon avulla, jouduttiin apuna käyttämään Excelin Visual Basic-toimintoa.

### 5.3.2 Ohjelmakoodin luominen

Seurantaohjelmaan luotiin painike, joka aloittaa työkierron. Painiketta painettaessa ohjelma kysyy ensiksi kuinka monta mittauskertaa halutaan tuoda seurantaohjelmaan (**Kuva 5.**). Tällä pystytään tekemään ohjelmasta mahdollisimman pienikokoinen. Käyttäjä pystyy itse määrittämään mittauskertojen määrän tai hyväksymään annetun oletusarvon, joka on 10 (**Kuva 6.**). Oletusarvoa pystyy halutessa muuttamaan ohjelmakoodista. Oletusarvo luotiin, jotta mittauskertojen haku olisi mahdollisimman nopeaa.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Kone	MC1	MC2	MC2	MC2	MC1	MC1	MC2	
2	Paletti	13	15	13	15	15	15	13	
3	Mitta1	100,043	100,004	100,009	100,012	100,009	100,006	100,013	
4	Mitta2	325,02	325,0226	325,0186	325,0099	325,0089	325,0187	325,0197	
5	Mitta3	29,0046	29,0107	28,9748	29,0298	29,0336	29,0002	29,0464	
6									
7									
8									
9	Mittausdatan haku								
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									

Kuva 5. Mittausdatan hakeminen.

Kuva 6. Mittauskertojen määrittäminen.

Ohjelmakoodi avaa CSV-tiedoston ja hakee sieltä halutun datan seurantaohjelmaan (**Kuva 7.**). Aina kun uusi kappale on mitattu, päivittyy mittaustulokset CSV-tiedostoon. Tämän vuoksi ei voitu määrittää kopioitavaa

aluetta suoraan. Ohjelmakoodissa täytyi määrittää muuttuja, joka hakee päivitetystä tiedostosta viimeisen sarakkeen ja rivin solun. Näiden komentojen luomisessa käytettiin komentoja, jotka löydettiin Microsoftin sivuilta./2/ Kun solu tiedetään, voidaan määrittää alue, josta data kopioidaan. Ohjelman alussa annettu mittauskertojen määrä määrittää kopioitavan datan viimeisimmästä arvosta taaksepäin. Esimerkiksi jos mittauskertoja halutaan 20, ohjelmakoodi valitsee 20 uusinta mittauskertaa.

```
rng = InputBox("Mittausarvojen määrä?", "Mittausdata", 10)
Set Data = Workbooks.Open("C:\Users\TuomoK\Desktop\Testit1.xlsx")

LColumn = ActiveSheet.Range("A1").End(xlToRight).Column
LRow = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row

LCell2 = Cells(LRow, rng + 1).Address
'MsgBox (LCell2)

LCell = ActiveSheet.Cells.SpecialCells(xlCellTypeLastCell).Address
ACell = Cells(1, LColumn - (rng - 1)).Address
'MsgBox (ACell)

ThisWorkbook.Sheets("sheet1").Range("B1", LCell2).Value = ActiveWorkbook.Sheets("sheet2").Range(ACell, LCell2).Value
Data.Close

ThisWorkbook.Sheets("sheet1").Range("A1", LCell2).Copy

Worksheets("Sheet2").Select
ActiveSheet.Range("A1").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteAll, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=True
Application.CutCopyMode = False

ThisWorkbook.Save
```

Kuva 7. Osa ohjelmakoodista.

Kun halutut mittauskerrat on kopioitu, sulkee ohjelmakoodi CSV-tiedoston ja liittää kopioitua aluetta seurantaohjelmaan ensimmäiseen välilehteen. Kopioitu data on vaakasuuntainen, mutta se halutaan pystysuuntaiseksi, jotta otsikkorivi on ylhäällä ja sitä voidaan filtteröidä. Tämän vuoksi data-alue joudutaan kääntämään



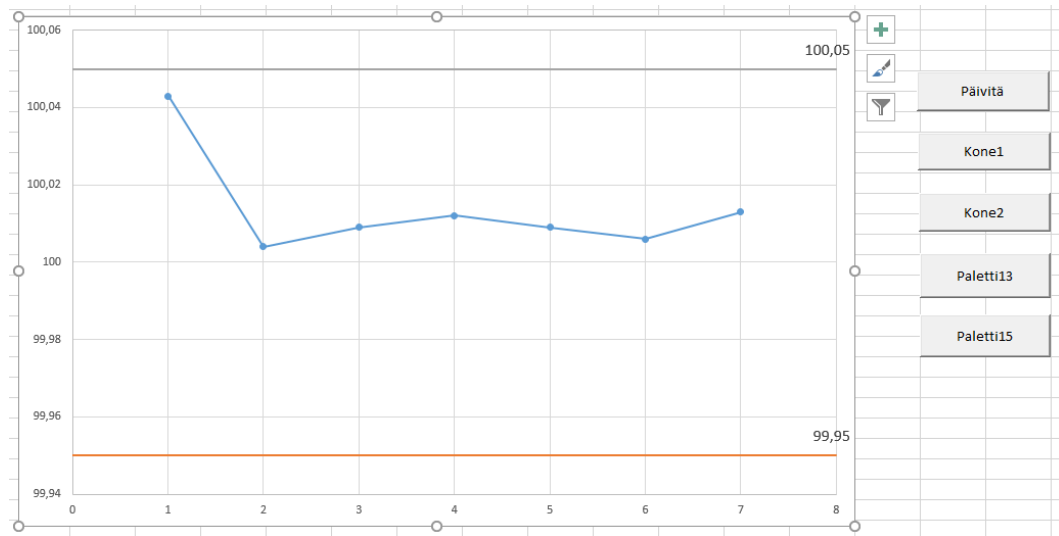
Transpose-komennon avulla. Käännetty alue kopioituu toiseen välilehteen (**Kuva 8.**). Lopuksi koodi vielä tallentaa seurantaohjelman.

	A	B	C	D	E
1	Kone ▾	Paletti ▾	Mitta ▾	Mitta ▾	Mitta ▾
2	MC1	13	100,043	325,02	29,0046
3	MC2	15	100,004	325,0226	29,0107
4	MC2	13	100,009	325,0186	28,9748
5	MC2	15	100,012	325,0099	29,0298
6	MC1	15	100,009	325,0089	29,0336
7	MC1	15	100,006	325,0187	29,0002
8	MC2	13	100,013	325,0197	29,0464
9					

Kuva 8. Taulukko Transpose-toiminnon jälkeen.

### 5.3.3 Kuvaajan luominen

Jokaisen mitan kuvaajat ovat erillisillä välilehdillä. Välilehdille luodaan painikkeet mittojen päivittämistä ja filttareita varten (**Kuva 9.**). Esimerkiksi painiketta painettaessa kuvaajassa näkyy ainoastaan halutun työstökoneen mittaustulokset. Kuvaajaan on mahdollista myös valita mittaustulokset halutun paletin mukaan. Päivitys-painike hakee kuvaajaan uusimmat arvot toisesta välilehdestä, koska Excel ei päivitä kuvaajaa automaattisesti.



Kuva 9. Kuvaaja, toleranssit ja painikkeet.

## 6 YHTEENVETO

Mittausdatan seurantaohjelmasta saatiin loppujen lopuksi kokonaisuus, joka toimii mittakoneen luoman CSV-tiedoston kanssa hyvin keskenään. Luodusta seurantaohjelmasta saatiin helppokäyttöinen ja –lukuinen. Visual Basicilla luotu ohjelmakoodi toimii, vaikka sen kanssa on ollut ongelmia, kuten muuttuvan alueen valitseminen CSV-tiedostosta ohjelmakoodin avulla.

3D-koordinaattimittakone ei loppujen lopuksi ole ollut kauan käytössä kankiverstaalla ja sitä ei saatu aluksi toimimaan oikein. Tämä hidasti selkeästi projektin aloittamista ja toteuttamista. Koska mittaustuloksia ei ole tähän mennessä vielä kertynyt paljon, ei saatu varmuutta kuinka hyvin teräpalojen vaihto näkyy kuvaajassa.

Ohjelman jatkokehittelyssä voisi keskittyä esimerkiksi datan linkkaamiseen seurantaohjelmaan, jolloin haluttuihin mittapisteisiin voitaisiin kirjoittaa kommentteja, jotka näkyisivät myös kuvaajassa. Tällä tavoin kommentti liikkuisi valitun mittatuloksen mukana, vaikka dataa tulisi lisää kuvaajaan. Nykyisellä menetelmällä data liitetään aina uudestaan, jolloin mahdolliset kirjoitetut kommentit häviävät kuvaajasta. Jotta kommentti pysyisi tiedostossa, sitä ei voisi liittää kuvaajaan vaan se täytyisi näkyä tekstinä omana sarakkeenaan kuvaajan vieressä.

## 7 POHDINTAA

Projekti kokonaisuutena onnistui, vaikka sen aikana ilmeni monia ongelmia. Projektin aloittamisen jälkeen kului monta kuukautta ennen kuin työtä pääsi oikeasti toteuttamaan, sillä kankiverstaalla oli koneistuksen uudistus kesken, eikä mittakone ollut vielä käytössä. Annettuja ajankohtia muutettiin jatkuvasti ja täten mittakoneen käyttöönotto viivästyi.

Kun mittakone saatiin toimintaan, itse työtä ei vielä päässyt tekemään ilmenneen ohjelmakoodin puutoksen vuoksi. Ongelman ratkeamiseen meni viikkoja, jonka jälkeen seurantaohjelman luomisen pystyi aloittamaan.

Ohjelma saatiin luotua linkityksen avulla, mutta koska tiedostosta tuli liian suuri, jouduttiin työ aloittamaan lähes alusta käyttäen Visual Basicia. Ohjelmakoodin luominen oli vaikeaa, sillä Visual Basic-kurssista oli kulunut jo muutama vuosi ja perusteet piti muistella uudestaan. Lisää haasteita toi Visual Basicin käyttäminen Excelissä, sillä siihen kuuluu komentoja, joita ei ollut käsitelty kurssilla. Tämän vuoksi ohjelmakoodin luominen vaati paljon aikaa, jotta siitä saatiin toimiva.

Ohjelmointivirheiden ilmetessä ne korjattiin ja näillä testauksilla koodi toimii hyvin. Testausvaiheessa on vaikea havaita kaikki mahdolliset skenaariot, joita ohjelman todellisessa käytössä tulisi, jonka vuoksi ei voi olla varma ilmeneekö tulevaisuudessa ohjelmassa virheitä. Kun ohjelma on saatu käyttöön, on mahdollista virheet korjata niiden esiintyessä.

## LÄHTEET

/1/ Wärtsilä lyhyesti, Viitattu 2.5.2016. <http://www.wartsila.com/fi/>

/2/ Microsoft Office, Excel VBA Reference, Viitattu 8.6.2016.  
<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/ff194068.aspx/>